

## **Expansão Geográfica da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais na Região do Matopiba entre 1985 e 2015**



Imagem de satélite disponível através do programa *Google Earth*, destacando pivô central situado no município de Luís Eduardo Magalhães (Estado da Bahia) em 2015 (11°55' S, 45°41' W).

ISSN 1679-0154

Julho 2016

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**

**Embrapa Milho e Sorgo**

**Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

# **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 135**

## **Expansão Geográfica da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais na Região do Matopiba entre 1985 e 2015**

Elena Charlotte Landau

Daniel Pereira Guimarães

Denise Luz de Sousa

Embrapa Milho e Sorgo

Sete Lagoas, MG

2016

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Milho e Sorgo**

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100

Fax: (31) 3027-1188

[www.embrapa.br/fale-conosco](http://www.embrapa.br/fale-conosco)

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau

Membros: Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria Borges

Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone, Monica Matoso

Campanha, Roberto dos Santos Trindade, Rosângela Lacerda de

Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa

Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto(s) da capa: Elena Charlotte Landau

**1ª edição**

**Versão Eletrônica (2016)**

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**Embrapa Milho e Sorgo**

---

Landau, Elena Charlotte.

Expansão geográfica da agricultura irrigada por pivôs centrais na Região do Matopiba entre 1985 e 2015 / Elena Charlotte Landau, Daniel Pereira Guimarães, Denise Luz de Sousa – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2016.

55 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 136).

1. Irrigação. 2. Agricultura. 3. Sensoriamento remoto. I. Guimarães, Daniel Pereira. II. Souza, Denise Luz. III. Título. IV. Série.

---

CDD 631.587 (21. ed.)

© Embrapa 2016

# Sumário

<b>Resumo</b>	4
<b>Abstract</b>	6
<b>Introdução</b>	7
<b>Material e Métodos</b>	10
<b>Resultados e Discussão</b>	12
<b>Conclusões</b>	48
<b>Agradecimentos</b>	49
<b>Referências</b>	49



# **Expansão Geográfica da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais na Região do Matopiba entre 1985 e 2015**

*Elena Charlotte Landau<sup>1</sup>*

*Daniel Pereira Guimarães<sup>2</sup>*

*Denise Luz de Sousa<sup>3</sup>*

## **Resumo**

Foram mapeadas as áreas irrigadas por pivôs centrais em 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 e 2015 na Região do Matopiba, através da identificação visual, com base no mosaico formado por imagens dos satélites Landsat 4, 5, 7 e 8, exibidos no programa *Google Earth*. Foi identificada expansão significativa da área irrigada por pivôs centrais no período, tendo passando de 13 para 1.548 pivôs entre 1985 e 2015, em que a área irrigada aumentou de 1.418 ha para 160.172 ha. Mais da metade dos pivôs tem se concentrado na Microrregião de Barreiras e Santa Maria da Vitória, no oeste do Estado da Bahia, na Bacia do Médio Rio São Francisco. Os municípios com maior densidade e área relativa ocupada por pivôs centrais têm sido Barreiras/

---

<sup>1</sup>Bióloga, DSc., Zoneamento Ecológico – Econômico, Geotecnologias e Agroclimatologia. Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Cx. Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG, charlotte.landau@embrapa.br

<sup>2</sup>Engenheiro Florestal, D.Sc. em Manejo Florestal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Cx. Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG, daniel.guimaraes@embrapa.br

<sup>3</sup>Graduanda em Engenharia Ambiental na UNIFEMM e Estagiária na Embrapa Milho e Sorgo, Cx. Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG, deniseluz39@gmail.com

BA, Luís Eduardo Magalhães/BA, São Félix do Coribe/BA e São Desidério/BA. Foram também os municípios que apresentaram maior tendência de aumento da área irrigada por pivôs centrais no período analisado. Nos Estados do Tocantins, Piauí e Maranhão, os municípios com maior área relativa ocupada por pivôs centrais foram, respectivamente, Pedro Afonso/TO, Guadalupe/PI e Riachão/MA. A Região é considerada de grande interesse para expansão da fronteira agrícola do país. Apesar do benefício potencial da irrigação, possibilitando o aumento da produção agrícola do país, estratégias para promover o aumento da produção agrícola irrigada devem considerar restrições relacionadas com a destinação prévia de áreas para outros fins e a disponibilidade, qualidade e conflitos de uso da água das bacias hidrográficas em que estão inseridas. Ações estimulando a melhoria da qualidade da água, conservação de nascentes e Áreas de Preservação Permanente, bem como o uso eficiente dos recursos hídricos, contribuirão para a melhoria da qualidade e quantidade de água disponível, sendo fundamentais para a sustentabilidade e expansão da agricultura irrigada na Região.

**Palavras-chave:** agricultura irrigada, sensoriamento remoto, *Landsat*, pivôs centrais.

# **Geographical Expansion of Irrigated Agriculture by Center Pivots in the Region of Matopiba Between 1985 and 2015 – Brazil**

---

*Elena Charlotte Landau<sup>1</sup>*

*Daniel Pereira Guimarães<sup>2</sup>*

*Denise Luz de Sousa<sup>3</sup>*

## **Abstract**

The areas irrigated by center pivots in 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 and 2015 in the Region of Matopiba (Brazil) were digitalized through visual identification based on a mosaic formed by images of the satellites Landsat 4, 5, 7, and 8, displayed using the software Google Earth. There was a significant expansion of the area irrigated by center pivots in this period, which changed from 13 to 1,548 pivots between 1985 and 2015, when the irrigated area increased from 1,418 ha to 160,172 ha. More than half of the center pivots occurred in the Micro-region of Barreiras and Santa Maria da Vitoria, in the western part of the State of Bahia, in the Middle São Francisco River Basin. The municipalities with the highest density and relative area occupied by center pivots were Barreiras/BA, Luis Eduardo Magalhães/BA, São Félix do Coribe/BA and São Desidério/BA. They were also the municipalities with the highest increase in area irrigated by center pivots considering the analyzed period. In the States of Tocantins, Piauí and Maranhão, the municipalities with the highest relative area

occupied by center pivots were respectively Pedro Afonso/TO, Guadeloupe/PI and Riachão/MA. The region is considered of great interest to expansion of the agricultural frontier of Brazil. Despite the potential benefit of irrigation, allowing an increase in agricultural production in the country, strategies to promote increased irrigated agricultural production should consider restrictions relating to the previous allocation of the areas for other purposes and the availability, quality and conflicts of water use of watersheds in which they operate. Actions improving the water quality, protection of river springs and Permanent Preservation Areas, as well as the efficient use of the hydrological resources, will contribute to improve the quantity and quality of the available water. These actions are essential for the sustainability and expansion of irrigated agriculture in the Region avoiding or not future conflicts over water use in the Region of Matopiba.

**Keywords:** irrigated agriculture, remote sensing, *Landsat 8*, *Google Earth*

## Introdução

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB; INMET, 2014), a Região do Matopiba abrange as Mesorregiões situadas mais ao Sul do Estado do Maranhão, Leste do Estado do Tocantins, Sudoeste do Estado do Piauí e Extremo Oeste do Estado da Bahia. É considerada uma importante fronteira agrícola do país, respondendo por mais de 5% da produção agrícola nacional de algodão, soja, arroz e milho, tendo apresentado potencial de produção agrícola crescente nas últimas safras dessas culturas (CONAB, 2015). Apesar da predominância de solos com textura arenosa e

arenosa-média, por apresentar um clima com períodos de estiagem de até 4 a 6 meses, além de extensas áreas com baixa declividade (facilitando a mecanização agrícola), o aumento da produção agrícola tem sido, em grande parte, relacionado com a implantação de técnicas de irrigação (LANDAU et al., 2014).

A irrigação de culturas agrícolas é uma prática utilizada para complementar a disponibilidade da água provida naturalmente pela precipitação, proporcionando ao solo teor de umidade suficiente para suprir as necessidades hídricas das plantas (SETTI et al., 2001). A agricultura irrigada permite a obtenção de aumentos significativos de produtividade de diversas culturas agrícolas, contribuindo para reduzir a expansão de plantios em áreas com cobertura vegetal natural, aumentar a duração do período anual de plantios e a produção agrícola. Nos casos do milho e da soja, por exemplo, estima-se que a adoção de sistemas de irrigação pode proporcionar um aumento de produtividade de 57% e 60%, respectivamente (PIVOT, 2013). A irrigação por pivôs centrais, em muitas regiões, ainda possibilita a sucessão de até três cultivos irrigados ao longo do ano agrícola, como milho, feijão e olerícolas (SILVEIRA, 2011).

No caso das culturas irrigadas de soja, milho, café, feijão e outras, o sistema de irrigação mais utilizado é o pivô central. Neste, a área é irrigada por um sistema móvel, constituído por uma barra com aspersores que se movimenta em torno de um ponto central fixo. A barra movimenta-se em torno do eixo, tanto no sentido horário quanto no anti-horário, formando uma área irrigada com formato circular. Além de água, a estrutura também é usada para a aplicação de fertilizantes, inseticidas e fungicidas (BRAGA; OLIVEIRA, 2005; IBGE, 2007). O sistema chegou ao Brasil na década de 1970, tendo se

consagrado como sistema de irrigação nas décadas seguintes, impulsionado, principalmente, por programas governamentais como o PROINE (Programa de Irrigação do Nordeste), PROFIR (Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação) e o PRONI (Programa Nacional de Irrigação), dado o custo relativamente baixo, a facilidade de operação e a eficiência entre 70 e 90% no uso da água (CHRISTOFIDIS, 2002; SCHMIDT et al., 2004).

Conforme Christofidis (2005), a área ocupada pela agricultura irrigada no Brasil representa apenas 18% da área cultivada, respondendo por aproximadamente 42% da produção total de alimentos. De acordo com Sandri e Cortez (2009), no final da primeira década de 2000 ocorreu uma acentuada expansão da irrigação por pivôs centrais no Brasil, principalmente nos Estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais e Bahia, motivada pelas facilidades operacionais e de controle da lâmina de irrigação, com custos competitivos pelo menor dispêndio de mão de obra e pela possibilidade de obter alta eficiência de aplicação e distribuição de água.

Com o crescente interesse no aumento da produção agrícola na Região do Matopiba, é provável que o número de pivôs centrais tenha aumentado consideravelmente nos últimos anos, sendo importante a realização de um levantamento que permita identificar a localização geográfica e a área irrigada por pivôs centrais, possibilitando conhecer, com maior exatidão, a situação da agricultura irrigada na Região, bem como estimar as áreas com maior aumento da pressão de uso da água para irrigação agrícola. Metodologias como as utilizadas por Guimarães e Landau (2014) e Landau et al. (2015), que mapearam os pivôs centrais ocorrentes no Brasil

em 2013 e 2014, possibilitam o mapeamento de cada pivô central, permitindo a realização de análises relacionadas com a localização geográfica e tamanho de cada um. Este trabalho objetivou mapear e quantificar a variação da área irrigada por pivôs centrais na Região do Matopiba nas últimas três décadas (entre 1985 e 2015), em nível de município, microrregião, Estado e bacia hidrográfica, representando um subsídio para a definição de estratégias envolvendo o uso de agricultura irrigada e políticas para gerenciamento do uso das águas nas respectivas bacias hidrográficas e políticas de gestão do uso da água e conservação ambiental na Região.

## Material e Métodos

Foi considerada a delimitação da Região do Matopiba adotada pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB; INMET, 2014). Para essa área, foram inicialmente gerados mosaicos de imagens dos satélites Landsat 4, 5, 7 e/ou 8 dos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 e 2015, disponibilizadas pelo USGS (*United States Geological Survey*) (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). A composição colorida das imagens foi realizada utilizando o programa Global Mapper, considerando a composição de bandas 6548R, sendo a banda 8 convertida para a forma de realce de relevo e aumento da resolução espacial para 15 m, para facilitar a visualização dos pivôs. As imagens foram convertidas para o formato *kml* (*keyhole mark-up language*) para visualização na plataforma *Google Earth* usando o software *Global Mapper*. Para tal, foram georreferenciadas para o *Datum* WGS84 (*World Geographic System*) e unidade das coordenadas geográficas em graus decimais. Foram considerados pivôs centrais as feições circulares identificadas na imagem, com área maior do que 2 hectares (raio a partir



de ~80 m). Para identificação dos pivôs foi considerada uma altitude do ponto de visão de 10 km; e para demarcação e digitalização dos polígonos correspondentes à área ocupada por cada pivô central da Região, uma altitude de 5 km. Como a procura pelos pivôs de irrigação foi visual, finalizada a primeira fase da digitalização, foi efetuada conferência para evitar que algum pivô existente deixasse de ser mapeado. Para tanto, foi gerado um arquivo com linhas auxiliares paralelas, distantes 5 km entre si, para visualização no programa *Google Earth*, junto com as imagens de satélite e os pivôs centrais digitalizados. Considerando o espaço entre as linhas, seguindo cada intervalo entre as linhas auxiliares foi verificado se havia algum pivô não digitalizado anteriormente.

Após a digitalização das áreas irrigadas em cada época, os arquivos gerados no formato *kml* foram convertidos para o formato *shapefile*, possibilitando a reprojeção cartográfica dos arquivos e o cálculo da área ocupada por cada pivô central, com o uso do software livre *MapWindow* ([www.mapwindow.org](http://www.mapwindow.org)). Para o cálculo das áreas, o arquivo digitalizado foi reprojetado para o *Datum* SAD69 (*South American 1969*) e a projeção cartográfica Cônica Equivalente de Albers (*Albers Equal Conic*) considerando o Meridiano Central -54; Paralelo Padrão 1: -2; Paralelo Padrão 2: -22 e Latitude de Origem: -12, com unidade das coordenadas geográficas em metros.

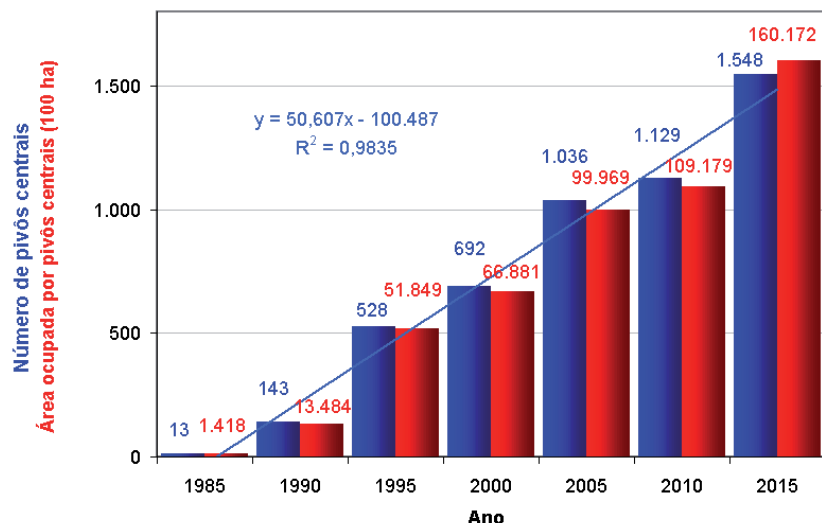
A partir da sobreposição espacial dos mapas com a delimitação dos pivôs com o mapa de bacias hidrográficas elaborado pela Agência Nacional de Águas (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2003) e com a malha municipal digital de 2013 disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), foram identificados a bacia hidrográfica e o município em que

cada pivô central estava localizado. No caso de pivôs centrais situados parcialmente em bacias hidrográficas ou municípios diferentes: para contagem do número de pivôs, foram considerados a bacia hidrográfica e/ou o município em que se localizava a maior parte do pivô central; já para o cálculo da área relativa ocupada por pivô central, foi considerada a área do pivô situada dentro de cada município ou bacia hidrográfica. A partir da sobreposição espacial entre as bases cartográficas citadas, foram geradas estatísticas identificando o número de pivôs centrais e a área ocupada por pivôs centrais por município, microrregião e sub-bacia/ottobacia hidrográfica (sub-bacia hidrográfica brasileira no nível 3 de acordo com o Sistema de Otto Pfaffstetter (GALVÃO; MENESES, 2005). Para cada município e sub-bacia hidrográfica foram também calculadas a densidade de pivôs (número médio de pivôs centrais a cada 100 km<sup>2</sup> de área do município ou da sub-bacia/ottobacia) e a área relativa irrigada (área relativa irrigada por milhão: em  $\frac{\%}{1000000}$ ). Adicionalmente, considerando a evolução temporal da densidade de pivôs centrais e da área relativa irrigada nos anos analisados, foi calculado o índice de correlação de Pearson como indicador da tendência média de variação temporal da área irrigada por pivôs centrais por município e sub-bacia. Foram gerados mapas temáticos apresentando a densidade de pivôs centrais e área relativa irrigada por época, e representando a tendência de variação da agricultura irrigada por pivôs centrais por município e sub-bacia hidrográfica.

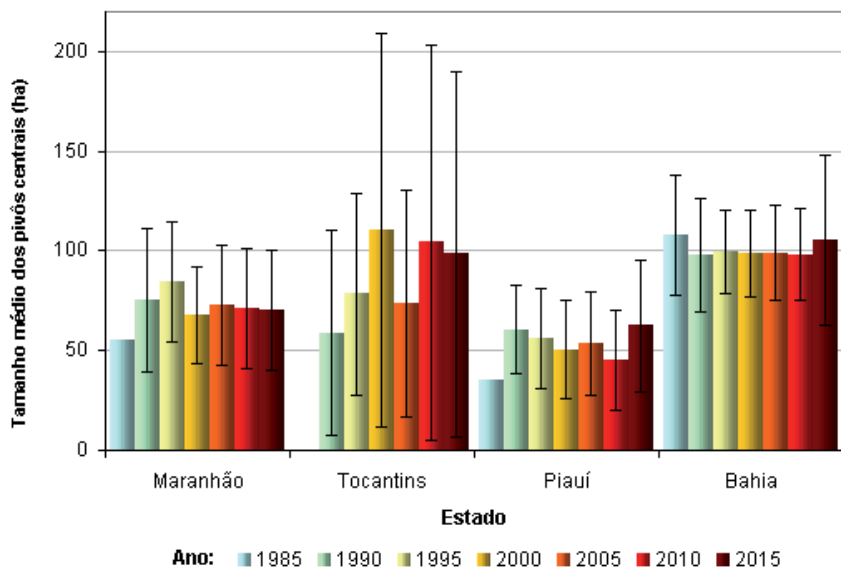
## Resultados e Discussão

Entre 1985 e 2015, houve um aumento significativo da área irrigada por pivôs centrais na Região do Matopiba. O número de pivôs aumentou 119 vezes (de 13 para 1.548 pivôs); e a área

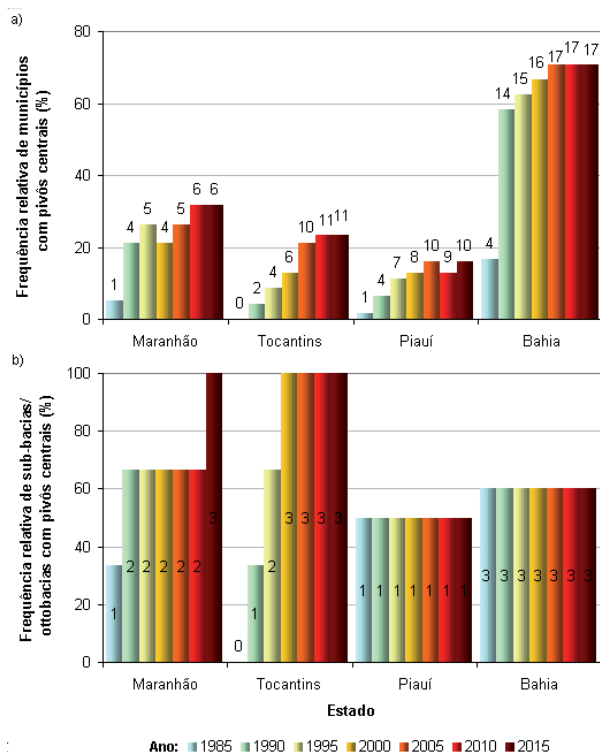
irrigada por pivôs, 113 vezes (de 1.418 para 160.172 ha) (Figura 1). Nos quatro Estados da Região do Matopiba foi verificada grande expansão da área irrigada com pivôs centrais (Figuras 2 a 6). O número de municípios com agricultura irrigada por pivôs centrais multiplicou-se 7,5 vezes no período. Foram observados equipamentos de pivôs centrais em: 6, 24, 31, 34, 42, 42 e 44 municípios, respectivamente, em 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 e 2015 (Figura 3). Os seis municípios com pivôs centrais em 1985 foram: Barreiras/BA, Alvorada do Gurgueia/PI, São Desidério/BA, Cocos/BA, Jaborandi/BA e Balsas/MA (Tabela 1, Figuras 4 e 5). Principalmente a partir de 1995, os dez municípios com maior densidade e área relativa ocupada com pivôs centrais têm sido: Barreiras/BA, Luís Eduardo Magalhães/BA, São Félix do Coribe/BA, São Desidério/BA, Santana/BA, Pedro Afonso/TO, Guadalupe/PI, Jaborandi/BA, Correntina/BA e Riachão das Neves/BA (Figuras 4 e 5, Tabelas 1 a 7). O município do Estado do Maranhão com maior área relativa ocupada por pivôs tem sido Riachão/MA.



**Figura 1.** Variação temporal da frequência e da área ocupada por pivôs centrais na Região do Matopiba entre 1985 e 2015. A equação da regressão representa o aumento linear do número de pivôs centrais durante o período analisado.



**Figura 2.** Variação do tamanho médio (média e desvio padrão) dos pivôs centrais por Estado da Região do Matopiba entre 1985 e 2015.



**Figura 3.** Variação temporal das **frequências relativas** de municípios e sub-bacias hidrográficas por Estado com agricultura irrigada por pivôs centrais na Região do Matopiba entre 1985 e 2015: a) municípios e b) sub-bacias/ottobacias hidrográficas. Os valores numéricos apresentados nos gráficos representam o número **absoluto** de municípios e ottobacias com pivôs centrais. Os **valores relativos** representados pelas barras foram calculados considerando um total de municípios na Região do Matopiba de: 19, 47, 62 e 24, respectivamente para os Estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia; e de 3, 3, 2 e 5 ottobacias representadas, respectivamente, para os mesmos Estados.

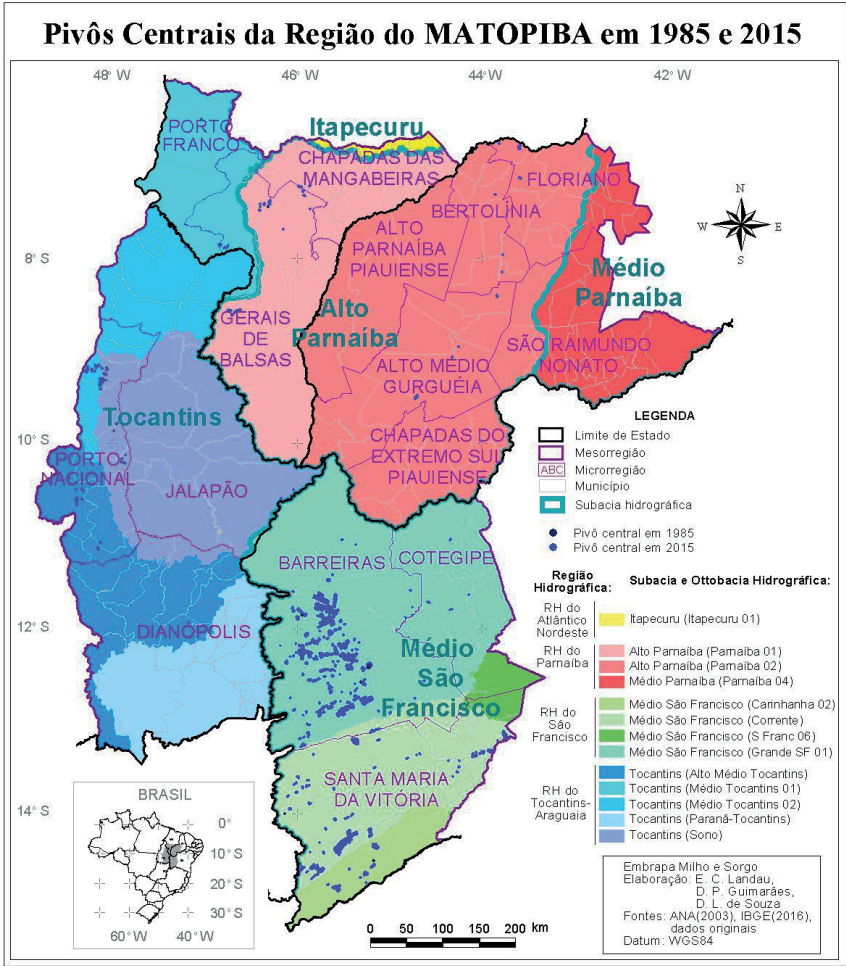
**Tabela 1.** Municípios da Região do Matopiba com maior densidade e área relativa ocupada por pivôs centrais em **1985**, em ordem decrescente de área relativa.

Município/ Estado	Microrregião	Número de pivôs centrais	Densidade de pivôs centrais (100 km <sup>2</sup> )	Área relativa do município ocupada por pivôs centrais (%/ooooo = por milhão)
Barreiras/BA	Barreiras	7	0,0891	1150,0153
Alvorada do Gurgueia/PI	Alto Médio Gurgueia	1	0,0469	165,0935
São Desiderio/BA	Barreiras	2	0,0132	154,0916
Cocos/BA	Santa Maria da Vitória	1	0,0098	120,9007
Jaborandi/BA	Santa Maria da Vitória	1	0,0105	70,5010
Balsas/MA	Gerais de Balsas	1	0,0076	41,7410

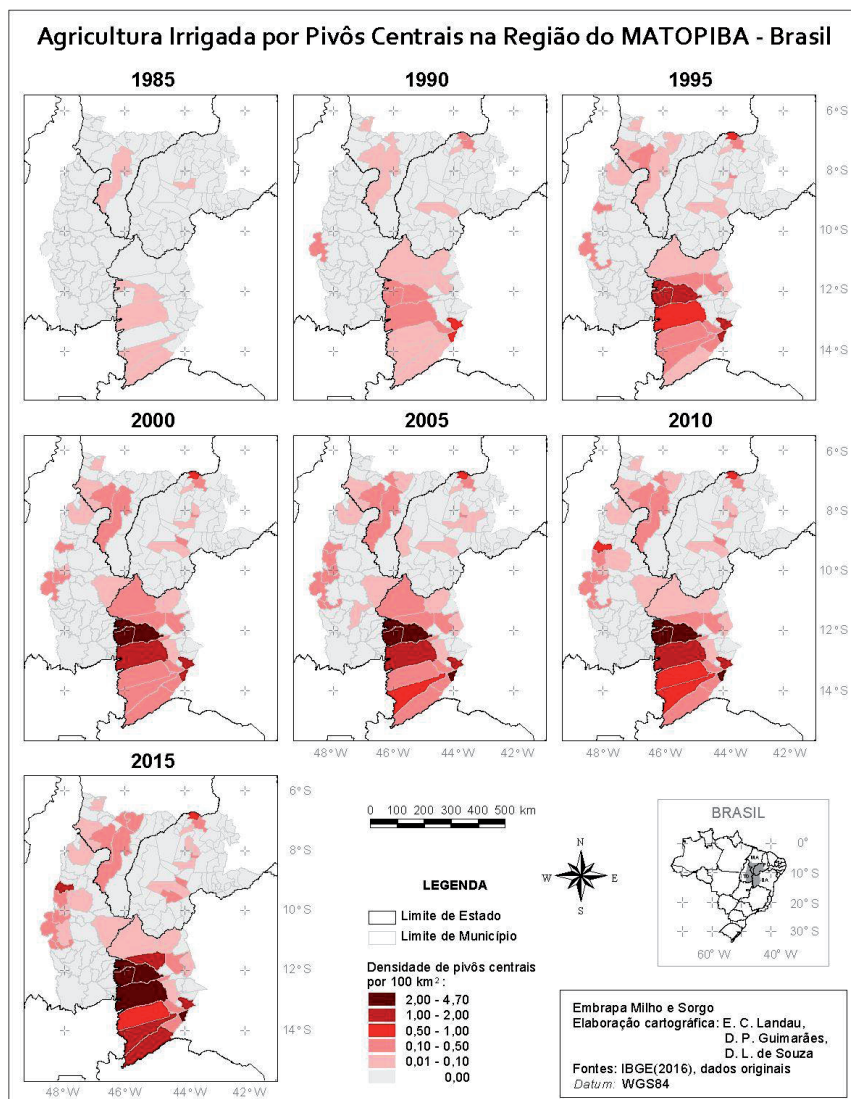
**Tabela 2.** Municípios da Região do Matopiba com maior densidade e área relativa ocupada por pivôs centrais em **1990**, em ordem decrescente de área relativa.

Município/ Estado	Microrregião	Número de pivôs centrais	Densidade de pivôs centrais (100 km <sup>2</sup> )	Área relativa do município ocupada por pivôs centrais (%/ooooo)
Santana/BA	Santa Maria da Vitória	12	0,6593	6.120,54
São Félix do Coribe/BA	Santa Maria da Vitória	6	0,6320	5.469,93
Barreiras/BA	Barreiras	23	0,2927	3.743,62
Luís Eduardo Magalhães/BA	Barreiras	12	0,3045	3.152,07
Guadalupe/PI	Floriano	4	0,3908	2.464,21
São Desidério/BA	Barreiras	29	0,1913	2.168,50
Santa Maria da Vitória/BA	Santa Maria da Vitória	4	0,2034	1.317,58
Jerumenha/PI	Floriano	3	0,1607	985,20
Porto Nacional/TO	Porto Nacional	5	0,1124	902,02
Landri Sales/PI	Bertolinia	1	0,0919	868,76
Riachão/MA	Gerais de Balsas	5	0,0785	757,47
Fortaleza dos Nogueiras/MA	Chapadas das Mangabeiras	1	0,0601	689,14
Cotegipe/BA	Cotegipe	2	0,0477	464,25
Riachão das Neves/BA	Barreiras	3	0,0529	458,41
São João do Paraíso/MA	Porto Nacional	1	0,0487	416,43
Cocos/BA	Santa Maria da Vitória	6	0,0587	399,58
Jaborandi/BA	Santa Maria da Vitória	4	0,0419	384,38
Correntina/BA	Gerais de Balsas	4	0,0336	355,95
Paraíso do Tocantins/TO	Porto Nacional	2	0,1577	277,45
Santa Rita de Cassia/BA	Floriano	3	0,0502	276,84

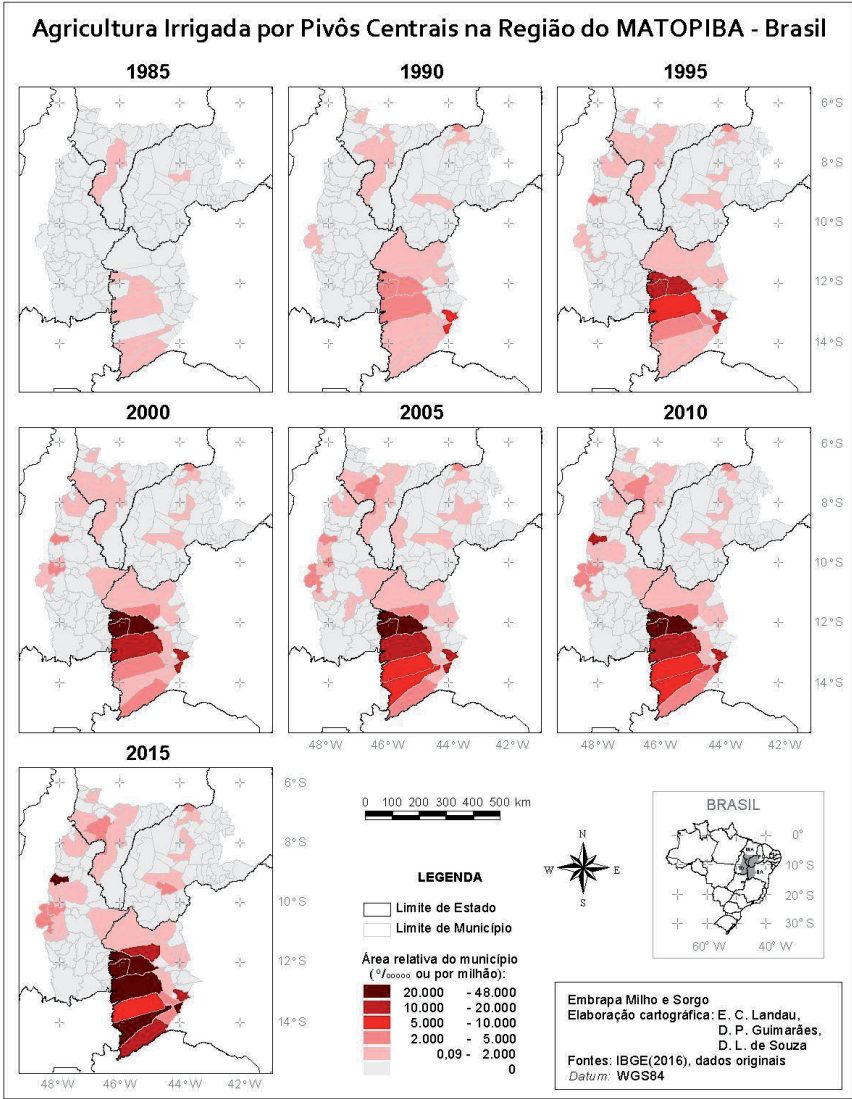




**Figura 4.** Localização geográfica dos pivôs centrais em 1985 e 2015 em relação às bacias hidrográficas (Regiões hidrográficas, sub-bacias e ottobacias), mesorregiões, microrregiões e municípios da Região do Matopiba, Brasil.



**Figura 5.** Variação temporal da densidade de pivôs centrais por município da Região do Matopiba entre 1985 e 2015.



**Figura 6.** Variação temporal da área ocupada por pivôs centrais por município da Região do Matopiba entre 1985 e 2015.

**Tabela 3.** Municípios da Região do Matopiba com maior densidade e área relativa ocupada por pivôs centrais em **1995**, em ordem decrescente de área relativa.

Município/ Estado	Microrregião	Número de pivôs centrais	Densidade de pivôs centrais (100 km <sup>2</sup> )	Área relativa do município ocupada por pivôs centrais (°/ooooo)
Barreiras/BA	Barreiras	140	1,7814	18.623,47
Luís Eduardo Magalhães/BA	Barreiras	62	1,5732	16.236,75
Santana/BA	Santa Maria da Vitória	26	1,4284	13.427,02
São Desidério/BA	Barreiras	132	0,8709	9.172,36
São Félix do Coribe/BA	Santa Maria da Vitória	10	1,0534	9.014,49
Correntina/BA	Santa Maria da Vitória	47	0,3942	3.676,33
Guadalupe/PI	Floriano	6	0,5862	3.601,34
Pedro Afonso/TO	Porto Nacional	5	0,2486	2.079,82
Santa Maria da Vitória/BA	Santa Maria da Vitória	4	0,2034	2.049,15
Riachão das Neves/BA	Barreiras	10	0,1763	1.890,45
Riachão/MA	Gerais de Balsas	8	0,1255	1.309,32
Jaborandi/BA	Santa Maria da Vitória	12	0,1257	1.216,58
Jerumenha/PI	Floriano	3	0,1607	1.140,58
Cotegipe/BA	Cotegipe	4	0,0953	890,99
Landri Sales/PI	Bertolínia	1	0,0919	868,76
Formosa do Rio Preto/BA	Barreiras	14	0,0859	856,13
Coribe/BA	Santa Maria da Vitória	3	0,1210	785,27
Alvorada do Gurgueia/PI	Alto Médio Gurgueia	2	0,0938	716,47
Porto Nacional/TO	Porto Nacional	5	0,1124	692,78
Silvanópolis/TO	Porto Nacional	2	0,1589	678,90

**Tabela 4.** Municípios da Região do Matopiba com maior densidade e área relativa ocupada por pivôs centrais em **2000**, em ordem decrescente de área relativa.

Município/ Estado	Microrregião	Número de pivôs centrais	Densidade de pivôs centrais (100 km <sup>2</sup> )	Área relativa do município ocupada por pivôs centrais (%/ooooo)
Barreiras/BA	Barreiras	206	2,6211	27.396,38
Luís Eduardo Magalhães/BA	Barreiras	89	2,2583	21.483,15
Santana/BA	Santa Maria da Vitória	25	1,3735	12.333,04
São Desidério/BA	Barreiras	161	1,0622	11.094,66
São Félix do Coribe/BA	Santa Maria da Vitória	12	1,2640	10.714,27
Pedro Afonso/TO	Porto Nacional	6	0,2984	4.140,74
Guadalupe/PI	Florianópolis	7	0,6839	4.115,50
Palmas/TO	Porto Nacional	6	0,2704	2.462,33
Correntina/BA	Santa Maria da Vitória	28	0,2349	2.287,74
Riachão das Neves/BA	Barreiras	12	0,2115	2.285,61
Cocos/BA	Santa Maria da Vitória	25	0,2444	2.198,64
Santa Maria da Vitória/BA	Santa Maria da Vitória	6	0,3051	1.826,83
Coribe/BA	Santa Maria da Vitória	6	0,2421	1.786,49
Jaborandi/BA	Santa Maria da Vitória	17	0,1781	1.570,39
Riachão/MA	Gerais de Balsas	8	0,1255	1.322,33
Porto Nacional/TO	Porto Nacional	6	0,1348	1.302,28
Balsas/MA	Gerais de Balsas	28	0,2131	1.174,07
Jerumenha/PI	Florianópolis	3	0,1607	1.140,58
Formosa do Rio Preto/BA	Barreiras	16	0,0981	989,90
Aparecida do Rio Negro/TO	Porto Nacional	1	0,0862	882,21

**Tabela 5.** Municípios da Região do Matopiba com maior densidade e área relativa ocupada por pivôs centrais em **2005**, em ordem decrescente de área relativa.

Município/ Estado	Microrregião	Número de pivôs centrais	Densidade de pivôs centrais (100 km <sup>2</sup> )	Área relativa do município ocupada por pivôs centrais (%000000)
Barreiras/BA	Barreiras	287	3,6518	37.049,55
Luís Eduardo Magalhães/BA	Barreiras	122	3,0956	30.331,79
São Desidério/BA	Barreiras	259	1,7088	17.889,55
São Félix do Coribe/BA	Santa Maria da Vitória	20	2,1067	14.145,99
Santana/BA	Santa Maria da Vitória	27	1,4834	12.711,19
Jaborandi/BA	Santa Maria da Vitória	52	0,5448	5.638,85
Correntina/BA	Santa Maria da Vitória	58	0,4865	5.208,56
Guadalupe/PI	Floriano	7	0,6839	4.115,50
Cocos/BA	Santa Maria da Vitória	39	0,3813	3.482,44
Riachão das Neves/BA	Barreiras	18	0,3173	3.185,02
Aparecida do Rio Negro/TO	Porto Nacional	2	0,1724	3.150,78
Pedro Afonso/TO	Porto Nacional	7	0,3481	2.882,30
Riachão/MA	Gerais de Balsas	16	0,2511	2.363,81
Porto Nacional/TO	Porto Nacional	13	0,2921	2.033,63
Palmas/TO	Porto Nacional	5	0,2253	1.999,84
Santa Maria da Vitória/BA	Santa Maria da Vitória	5	0,2542	1.519,08
Balsas/MA	Gerais de Balsas	29	0,2207	1.294,06
Coribe/BA	Santa Maria da Vitória	5	0,2017	1.254,74
Ipueiras/TO	Porto Nacional	1	0,1227	1.196,39
Formosa do Rio Preto/BA	Barreiras	19	0,1165	1.168,31

**Tabela 6.** Municípios da Região do Matopiba com maior densidade e área relativa ocupada por pivôs centrais em **2010**, em ordem decrescente de área relativa.

Município/ Estado	Microrregião	Número de pivôs centrais	Densidade de pivôs centrais (100 km <sup>2</sup> )	Área relativa do município ocupada por pivôs centrais (%/ooooo)
Barreiras/BA	Barreiras	306	3,8935	39.767,63
Luís Eduardo Magalhães/BA	Barreiras	133	3,3747	30.689,22
São Desidério/BA	Barreiras	287	1,8935	19.426,28
São Félix do Coribe/BA	Santa Maria da Vitória	20	2,1067	12.948,38
Pedro Afonso/TO	Porto Nacional	11	0,5470	12.560,01
Santana/BA	Santa Maria da Vitória	25	1,3735	12.333,04
Jaborandi/BA	Santa Maria da Vitória	62	0,6495	6.697,25
Correntina/BA	Santa Maria da Vitória	64	0,5368	5.630,03
Riachão das Neves/BA	Barreiras	25	0,4407	4.619,35
Guadalupe/PI	Floriano	7	0,6839	4.115,50
Cocos/BA	Santa Maria da Vitória	43	0,4204	3.889,38
Riachão/MA	Gerais de Balsas	18	0,2824	2.612,53
Palmas/TO	Porto Nacional	6	0,2704	2.465,85
Porto Nacional/TO	Porto Nacional	14	0,3146	2.177,51
Coribe/BA	Santa Maria da Vitória	7	0,2824	2.123,72
Santa Maria da Vitória/BA	Santa Maria da Vitória	6	0,3051	1.826,83
Balsas/MA	Gerais de Balsas	35	0,2663	1.549,48
Ipueiras/TO	Porto Nacional	1	0,1227	1.239,01
Jerumenha/PI	Floriano	3	0,1607	1.140,58
Aparecida do Rio Negro/TO	Porto Nacional	1	0,0862	882,21



**Tabela 7.** Municípios da Região do Matopiba com maior densidade e área relativa ocupada por pivôs centrais em **2015**, em ordem decrescente de área relativa.

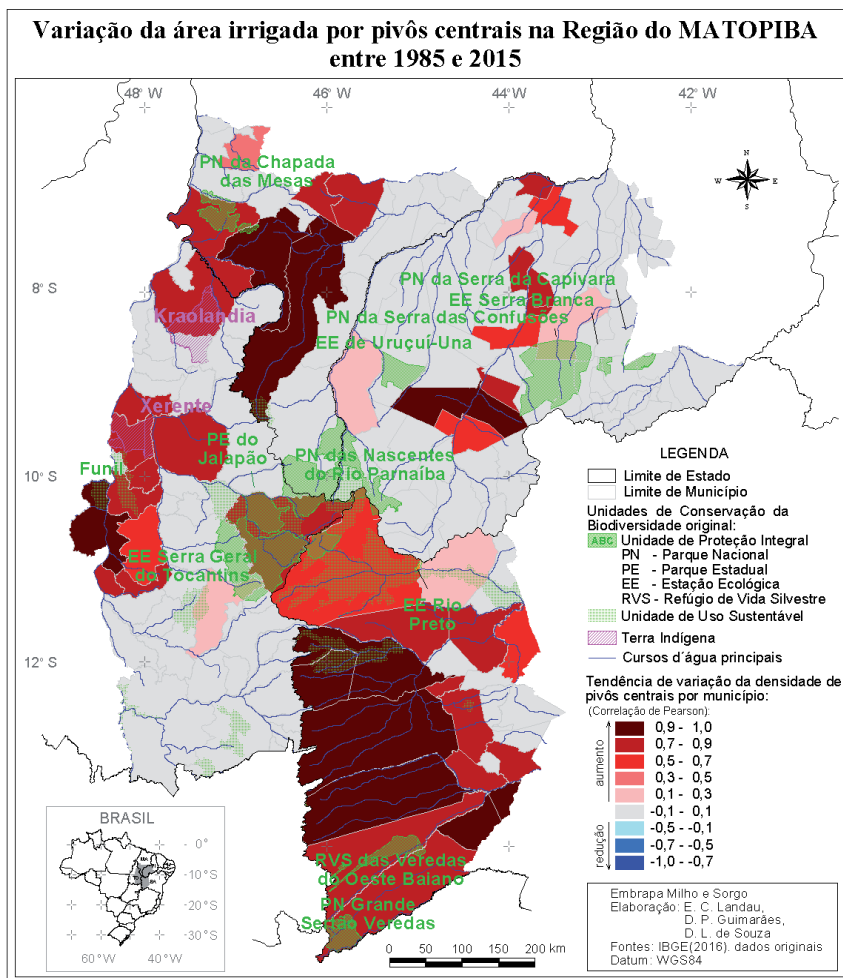
Município/ Estado	Microrregião	Número de pivôs centrais	Densidade de pivôs centrais (100 km <sup>2</sup> )	Área relativa do município ocupada por pivôs centrais (%/ooooo)
Barreiras/BA	Barreiras	364	4,6315	47.681,83
Luís Eduardo Magalhães/BA	Barreiras	180	4,5673	42.320,34
Pedro Afonso/TO	Porto Nacional	37	1,8400	24.336,08
São Félix do Coribe/BA	Santa Maria da Vitória	35	3,6868	24.008,26
São Desidério/BA	Barreiras	319	2,1046	22.349,74
Jaborandi/BA	Santa Maria da Vitória	180	1,8858	21.836,89
Riachão das Neves/BA	Barreiras	57	1,0048	19.475,94
Santana/BA	Santa Maria da Vitória	28	1,5383	13.089,93
Cocos/BA	Santa Maria da Vitória	106	1,0364	10.650,52
Correntina/BA	Santa Maria da Vitória	69	0,5788	6.199,94
Guadalupe/PI	Florianópolis	8	0,7816	4.854,08
Redenção do Gurguéia/PI	Alto Médio Gurguéia	8	0,3241	3.375,25
Riachão/MA	Gerais de Balsas	19	0,2981	2.788,78
Palmas/TO	Porto Nacional	6	0,2704	2.465,85
Porto Nacional/TO	Porto Nacional	15	0,3371	2.289,09
Coribe/BA	Santa Maria da Vitória	7	0,2824	2.123,72
Santa Maria da Vitória/BA	Santa Maria da Vitória	7	0,3559	2.001,45
Balsas/MA	Gerais de Balsas	36	0,2739	1.617,81
Ipueiras/TO	Porto Nacional	1	0,1227	1.239,01
Jerumenha/PI	Florianópolis	3	0,1607	1.140,58

Em termos gerais, a maior parte dos pivôs centrais da Região do Matopiba concentra-se no Oeste do Estado da Bahia (de 80 a 91% dos pivôs, entre 1985 e 2015), seguido do Estado do Maranhão (de 4 a 8% dos pivôs, nos anos avaliados) e do Estado do Piauí (entre 1 e 8% dos pivôs centrais, durante o período analisado). Em termos microrregionais, entre 1985 e 2015, mais da metade dos pivôs centrais da Região do Matopiba têm se concentrado nas Microrregiões de Barreiras (entre 50 e 71% dos pivôs da Região do Matopiba) e Santa Maria da Vitória (entre 15 e 28% dos pivôs da Região do Matopiba), no Oeste do Estado da Bahia, Bacia do Médio Rio São Francisco. As áreas de

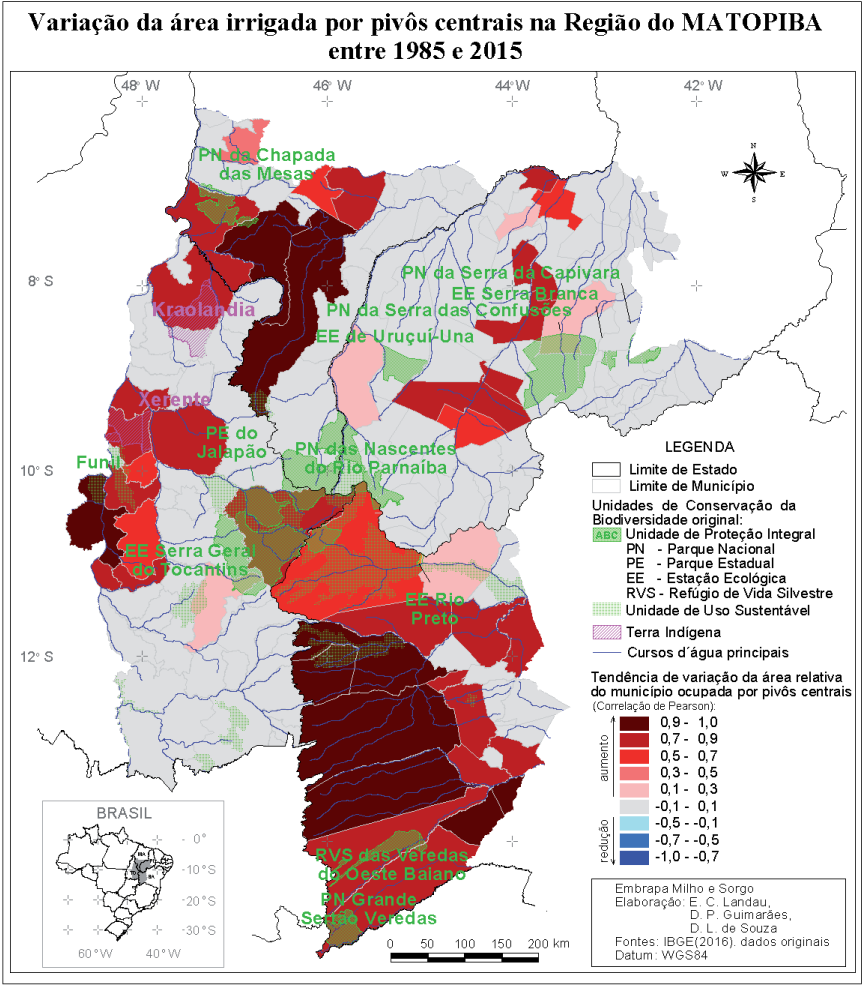
concentração de pivôs centrais coincidem com o apresentado por Landau et al. (2014), considerando levantamento de pivôs centrais da Região referente a 2013.

Em relação ao tamanho médio dos pivôs, mais da metade (50,15%) apresentou tamanhos entre 94 e 112 ha, semelhante ao citado por Landau et al. (2014), baseado em levantamento referente a 2013. No entanto, foi verificada variação considerável entre os Estados e anos analisados (Figura 2). De forma geral, os menores pivôs ocorreram no Estado do Piauí, e os maiores, no Estado da Bahia. Não foi verificado padrão linear de variação do tamanho médio dos pivôs centrais no período.

Quanto à tendência média de variação da área irrigada entre 1985 e 2015, nenhum município apresentou tendência de diminuição do número de pivôs durante o período analisado. Em todos os municípios com ocorrência de pivôs centrais foi verificada expansão da área irrigada. Os municípios em que ocorreu maior aumento de pivôs centrais foram: São Desidério/BA, Barreiras/BA, Luís Eduardo Magalhães/BA, Riachão/MA, Balsas/MA, Porto Nacional/TO, São Félix do Coribe/BA, Correntina/BA, Coribe/BA e Palmas/TO (Figuras 7 e 8, Tabelas 8 e 9). Em termos gerais, este aumento tem sido mais evidente em municípios com maior área destinada a atividades agrícolas e menor declividade do terreno. Municípios com áreas destinadas à conservação ambiental (unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável) e terras indígenas provavelmente têm contribuído significativamente para garantir maior qualidade e volume d'água nos municípios situados a jusante, nos rios de interesse (Figuras 7 e 8).



**Figura 7.** Tendência média de variação da densidade de pivôs centrais por município da Região do Matopiba entre 1985 e 2015.



**Figura 8.** Tendência média de variação da área ocupada por pivôs centrais por município da Região do Matopiba entre 1985 e 2015.

**Tabela 8.** Municípios da Região do Matopiba com maior aumento médio da **densidade** de pivôs centrais entre 1985 e 2015.

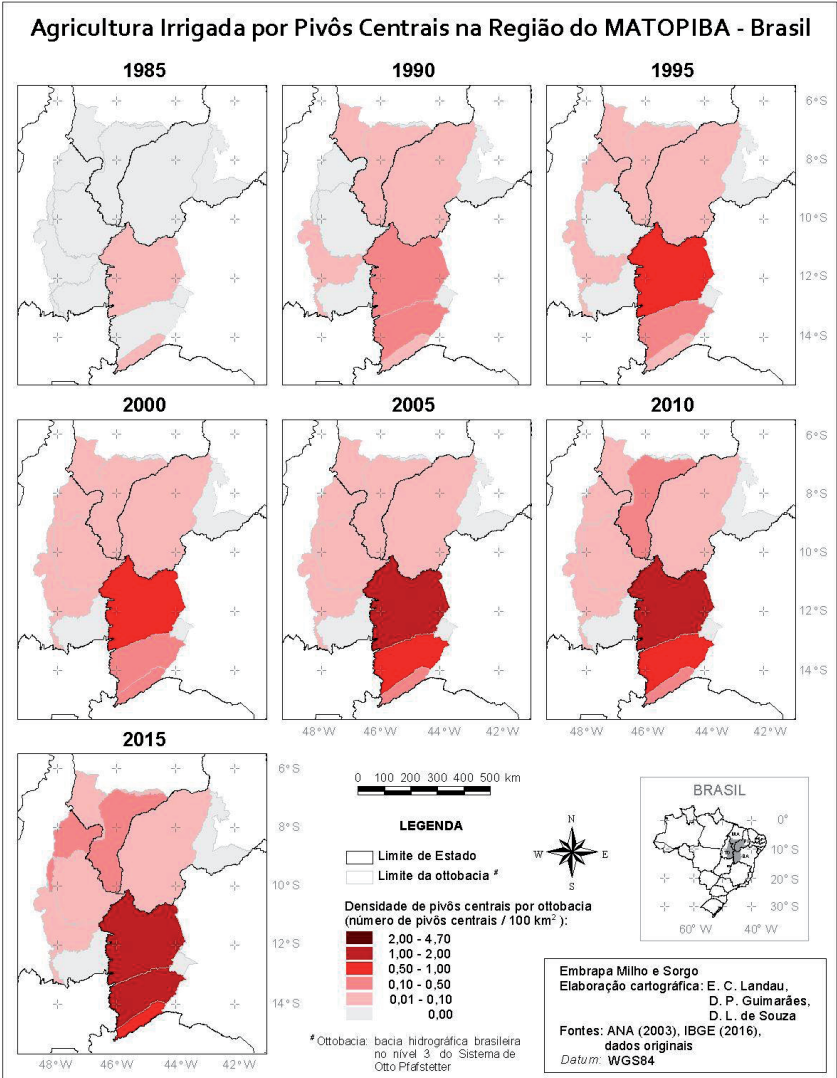
Município/Estado	Microrregião	Tendência média de variação da densidade de pivôs centrais (Coeficiente de Correlação de Pearson)	Ajuste da variação da densidade de pivôs centrais a uma tendência de aumento linear (Regressão linear = $r^2$ )
Luís Eduardo Magalhães/BA	Barreiras	0,9907	0,9696
São Desidério/BA	Barreiras	0,9855	0,9738
Barreiras/BA	Barreiras	0,9845	0,9721
Riachão/MA	Gerais de Balsas	0,9741	0,9543
Balsas/MA	Gerais de Balsas	0,9632	0,9405
São Félix do Coribe/BA	Santa Maria da Vitória	0,9618	0,8954
Porto Nacional/TO	Porto Nacional	0,9598	0,9206
Bom Jesus/PI	Alto Médio Gurguéia	0,9535	0,7072
Coribe/BA	Santa Maria da Vitória	0,9463	0,8740
Correntina/BA	Santa Maria da Vitória	0,9205	0,8801
Riachão das Neves/BA	Barreiras	0,8947	0,6028
Cocos/BA	Santa Maria da Vitória	0,8904	0,7559
Palmas/TO	Porto Nacional	0,8728	0,7625
Santa Maria da Vitória/BA	Santa Maria da Vitória	0,8725	0,4936
Guadalupe/PI	Floriano	0,8665	0,7500
Baianópolis/BA	Barreiras	0,8660	0,7500
Ipueiras/TO	Porto Nacional	0,8660	0,7584
Cotegipe/BA	Cotegipe	0,8660	0,6708
Catolândia/BA	Barreiras	0,8660	0,7500
Eliseu Martins/PI	Bertolínia	0,8660	0,7500

**Tabela 9.** Municípios da Região do Matopiba com maior aumento médio da **área relativa** ocupada por pivôs centrais entre 1985 e 2015.

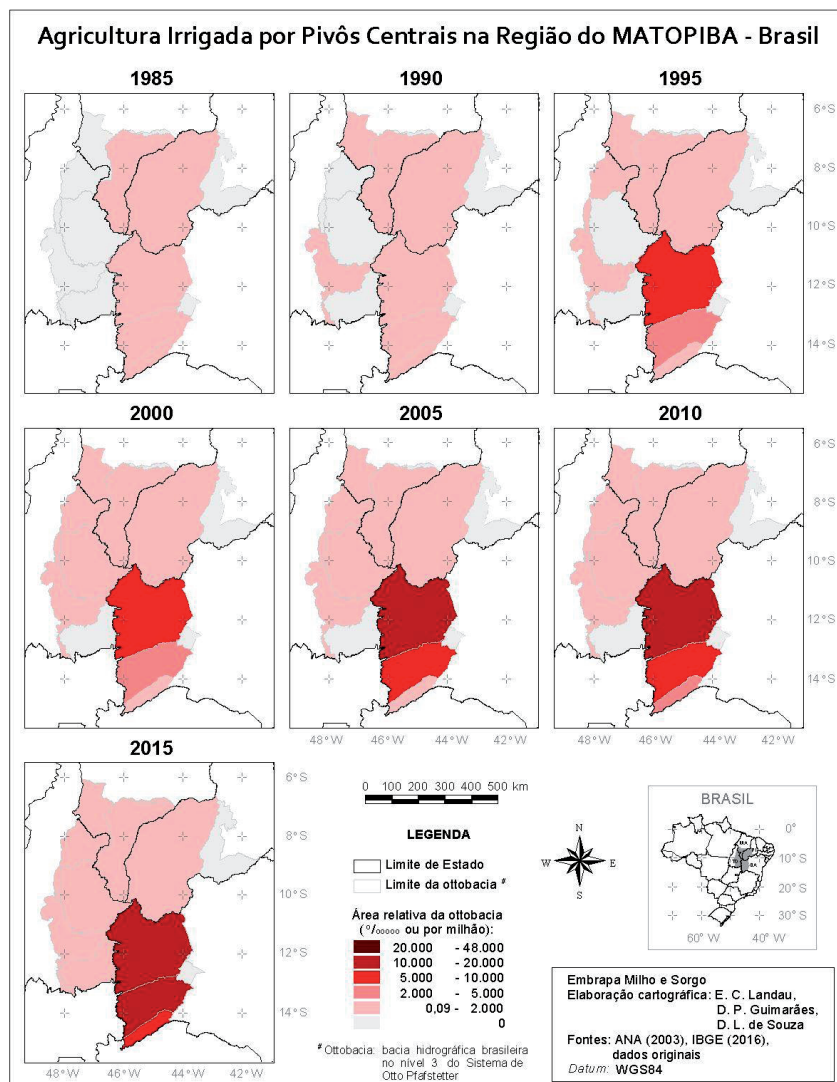
Município/Estado	Microrregião	Tendência média de variação da área relativa ocupada por pivôs centrais (Coeficiente de Correlação de Pearson)	Ajuste da variação da área relativa ocupada por pivôs centrais a uma tendência de aumento linear (Regressão linear = $r^2$ )
São Desidério/BA	Barreiras	0,9868	0,9738
Barreiras/BA	Barreiras	0,9859	0,9721
Luís Eduardo Magalhães/BA	Barreiras	0,9847	0,9696
Riachão/MA	Gerais de Balsas	0,9769	0,9543
Balsas/MA	Gerais de Balsas	0,9698	0,9405
Porto Nacional/TO	Porto Nacional	0,9595	0,9206
São Félix do Coribe/BA	Santa Maria da Vitória	0,9462	0,8954
Correntina/BA	Santa Maria da Vitória	0,9382	0,8801
Coribe/BA	Santa Maria da Vitória	0,9349	0,8740
Palmas/TO	Porto Nacional	0,8732	0,7625
Ipueiras/TO	Porto Nacional	0,8708	0,7584
Cocos/BA	Santa Maria da Vitória	0,8694	0,7559
Baianópolis/BA	Barreiras	0,8660	0,7500
Eliseu Martins/PI	Bertolínia	0,8660	0,7500
Catolândia/BA	Barreiras	0,8660	0,7500
Guadalupe/PI	Floriano	0,8660	0,7500
Tocantina/TO	Porto Nacional	0,8604	0,7403
Pedro Afonso/TO	Porto Nacional	0,8556	0,7320
Bom Jesus/PI	Alto Médio Gurguéia	0,8409	0,7072
Santa Luz/PI	Alto Médio Gurguéia	0,8274	0,6845

Em termos de sub-bacias, o número de ottobacias hidrográficas com agricultura irrigada por pivôs centrais também duplicou no período analisado, passando de cinco em 1985, para dez em 2015. As ottobacias com pivôs centrais em 1985 eram: Grande São Francisco 01 (Bahia), Carinhanha 02 (Bahia), Corrente 01 (Bahia), Parnaíba 01 (Maranhão) e Parnaíba 02 (Piauí), situadas no Médio São Francisco e no Alto Parnaíba. Entre 1990 e 2015, ocorreu expansão incluindo, principalmente, ottobacias dos Estados do Tocantins (Alto-Médio Tocantins, Médio, Tocantins 02 e Sono) e Maranhão (Médio Tocantins 01 e Itapecuru 01) (Figuras 9 e 10, Tabelas 10 a 16). As ottobacias que apresentaram maior tendência média de aumento da densidade e da área relativa ocupada por pivôs no período foram: Grande São Francisco 01 (Bahia) e Corrente 01 (Bahia), no Médio São Francisco; Parnaíba 01 (Maranhão) e Parnaíba 02 (Piauí), no Alto Parnaíba; e Alto-Médio Tocantins (Tocantins) (Figuras 11 e 12, Tabelas 17 e 18).





**Figura 9.** Variação temporal da densidade de pivôs centrais por sub-bacia/ottobacia da Região do Matopiba entre 1985 e 2015.



**Figura 10.** Variação temporal da área ocupada com pivôs centrais por sub-bacia/ottobacia da Região do Matopiba entre 1985 e 2015.

**Tabela 10.** Frequência, densidade e área relativa ocupada com pivôs centrais por sub-bacia/ ottobacia hidrográfica na Região do Matopiba em 1985.

Região Hidrográfica do Brasil	Bacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Sub-bacia/Ottobacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Número de pivôs centrais	Densidade de pivôs centrais (100 km²)	Área relativa ocupada por pivôs centrais (°/ooooo)
RH Atlântico Nordeste Ocidental	Itapecuru	Itapecuru 01	0	0,0000	0,00
RH do Parnaíba	Alto Parnaíba	Parnaíba 01	1	0,0022	12,09
		Parnaíba 02	1	0,0010	3,48
	Médio Parnaíba	Parnaíba 04	0	0,0000	0,00
RH do São Francisco	Médio São Francisco	Carinhanha 02	1	0,0112	138,79
		Corrente 01	1	0,0030	20,19
		São Francisco 06	0	0,0000	0,00
		Grande São Francisco 01	9	0,0128	162,19
RH do Tocantins-Araguaia	Tocantins	Alto-Médio Tocantins	0	0,0000	0,00
		Médio Tocantins 01	0	0,0000	0,00
		Médio Tocantins 02	0	0,0000	0,00
		Paraná-Tocantins	0	0,0000	0,00
		Sono	0	0,0000	0,00
Total			13		

**Tabela 11.** Frequência, densidade e área relativa ocupada com pivôs centrais por sub-bacia/ ottobacia hidrográfica na Região do Matopiba em 1990.

Região Hidrográfica do Brasil	Bacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Sub-bacia/Ottobacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Número de pivôs centrais	Densidade de pivôs centrais (100 km²)	Área relativa ocupada por pivôs centrais (°/ooooo)
RH Atlântico Nordeste Ocidental	Itapecuru	Itapecuru 01	0	0,0000	0,00
RH do Parnaíba	Alto Parnaíba	Parnaíba 01	6	0,0132	73,93
		Parnaíba 02	9	0,0089	53,89
	Médio Parnaíba	Parnaíba 04	0	0,0000	0,00
RH do São Francisco	Médio São Francisco	Carinhanha 02	5	0,0561	389,29
		Corrente 01	36	0,1080	969,12
		São Francisco 06	0	0,0000	0,00
		Grande São Francisco			
		01	72	0,1027	1.154,49
RH do Tocantins-Araguaia	Tocantins	Alto-Médio Tocantins	7	0,0237	147,95
		Médio Tocantins 01	5	0,0247	244,28
		Médio Tocantins 02	0	0,0000	0,00
		Paraná-Tocantins	0	0,0000	0,00
		Sono	0	0,0000	0,00
Total			140		

**Tabela 12.** Frequência, densidade e área relativa ocupada com pivôs centrais por sub-bacia/ ottobacia hidrográfica na Região do Matopiba em 1995.

Região Hidrográfica do Brasil	Bacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Sub-bacia/Ottobacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Número de pivôs centrais	Densidade de pivôs centrais (100 km²)	Área relativa ocupada por pivôs centrais (°/ooooo)
RH Atlântico Nordeste Ocidental	Itapecuru	Itapecuru 01	0	0,0000	0,00
RH do Parnaíba	Alto Parnaíba	Parnaíba 01	13	0,0287	203,84
		Parnaíba 02	16	0,0158	89,06
	Médio Parnaíba	Parnaíba 04	0	0,0000	0,00
RH do São Francisco	Médio São Francisco	Carinhanha 02	1	0,0112	117,12
		Corrente 01	113	0,3391	3.165,56
		São Francisco 06	0	0,0000	0,00
		Grande São Francisco 01	360	0,5134	5.320,40
RH do Tocantins-Araguaia	Tocantins	Alto-Médio Tocantins	7	0,0237	136,18
		Médio Tocantins 01	10	0,0494	510,57
		Médio Tocantins 02	6	0,0275	286,90
		Paraná-Tocantins	0	0,0000	0,00
		Sono	0	0,0000	0,00
Total			526		

**Tabela 13.** Frequência, densidade e área relativa ocupada com pivôs centrais por sub-bacia/ ottobacia hidrográfica na Região do Matopiba em 2000.

Região Hidrográfica do Brasil	Bacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Sub-bacia/Ottobacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Número de pivôs centrais	Densidade de pivôs centrais (100 km²)	Área relativa ocupada por pivôs centrais (°/ooooo)
RH Atlântico Nordeste Ocidental	Itapecuru	Itapecuru 01	0	0,0000	0,00
RH do Parnaíba	Alto Parnaíba	Parnaíba 01	28	0,0617	342,17
		Parnaíba 02	21	0,0208	104,89
	Médio Parnaíba	Parnaíba 04	0	0,0000	0,00
RH do São Francisco	Médio São Francisco	Carinhanha 02	9	0,1010	587,93
		Corrente 01	117	0,3511	3.236,86
		São Francisco 06	0	0,0000	0,00
		Grande São Francisco 01	484	0,6902	7.058,41
RH do Tocantins-Araguaia	Tocantins	Alto-Médio Tocantins	6	0,0203	196,39
		Médio Tocantins 01	10	0,0494	510,57
		Médio Tocantins 02	6	0,0275	453,78
		Paraná-Tocantins	0	0,0000	0,00
		Sono	10	0,0220	188,62
Total			691		

**Tabela 14.** Frequência, densidade e área relativa ocupada com pivôs centrais por sub-bacia/ ottobacia hidrográfica na Região do Matopiba em 2005.

Região Hidrográfica do Brasil	Bacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Sub-bacia/Ottobacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Número de pivôs centrais	Densidade de pivôs centrais (100 km²)	Área relativa ocupada por pivôs centrais (°/ooooo)
RH Atlântico Nordeste Ocidental	Itapecuru	Itapecuru 01	0	0,0000	0,00
RH do Parnaíba	Alto Parnaíba	Parnaíba 01	41	0,0904	607,13
		Parnaíba 02	22	0,0217	116,41
	Médio Parnaíba	Parnaíba 04	0	0,0000	0,00
RH do São Francisco	Médio São Francisco	Carinhanha 02	18	0,2020	1.617,83
		Corrente 01	195	0,5851	5.626,38
		São Francisco 06	0	0,0000	0,00
		Grande São Francisco 01	710	1,0125	10.265,74
RH do Tocantins-Araguaia	Tocantins	Alto-Médio Tocantins	17	0,0576	389,42
		Médio Tocantins 01	8	0,0395	415,15
		Médio Tocantins 02	7	0,0321	337,61
		Paraná-Tocantins	0	0,0000	0,00
		Sono	16	0,0352	248,68
Total			1.034		

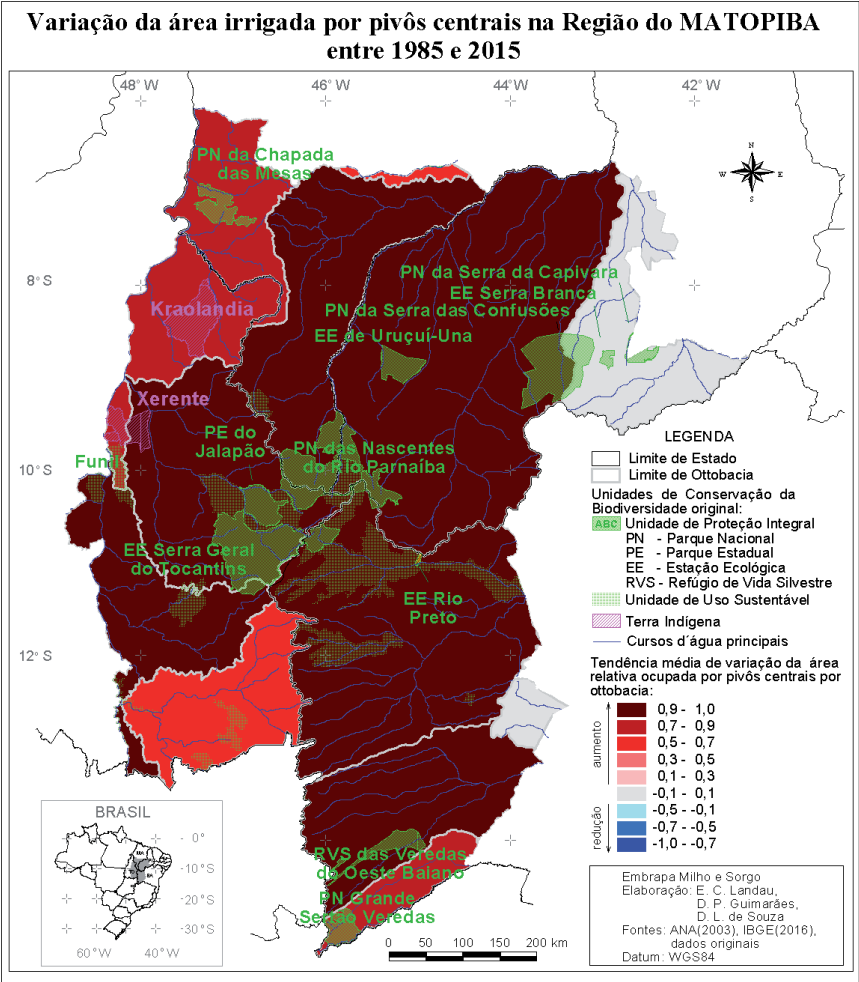
**Tabela 15.** Frequência, densidade e área relativa ocupada com pivôs centrais por sub-bacia/ ottobacia hidrográfica na Região do Matopiba em 2010.

Região Hidrográfica do Brasil	Bacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Sub-bacia/Ottobacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Número de pivôs centrais	Densidade de pivôs centrais (100 km²)	Área relativa ocupada por pivôs centrais (°/ooooo)
RH Atlântico Nordeste Ocidental	Itapecuru	Itapecuru 01	0	0,0000	0,00
RH do Parnaíba	Alto Parnaíba	Parnaíba 01	49	0,1080	715,94
		Parnaíba 02	22	0,0217	97,98
	Médio Parnaíba	Parnaíba 04	0	0,0000	0,00
RH do São Francisco	Médio São Francisco	Carinhanha 02	27	0,3031	2.633,19
		Corrente 01	207	0,6211	5.961,77
		São Francisco 06	0	0,0000	0,00
		Grande São Francisco 01	767	1,0938	10.938,86
RH do Tocantins-Araguaia	Tocantins	Alto-Médio Tocantins	19	0,0644	412,02
		Médio Tocantins 01	9	0,0445	455,76
		Médio Tocantins 02	11	0,0505	1.167,19
		Paraná-Tocantins	0	0,0000	0,00
		Sono	17	0,0374	293,47
Total			1.128		

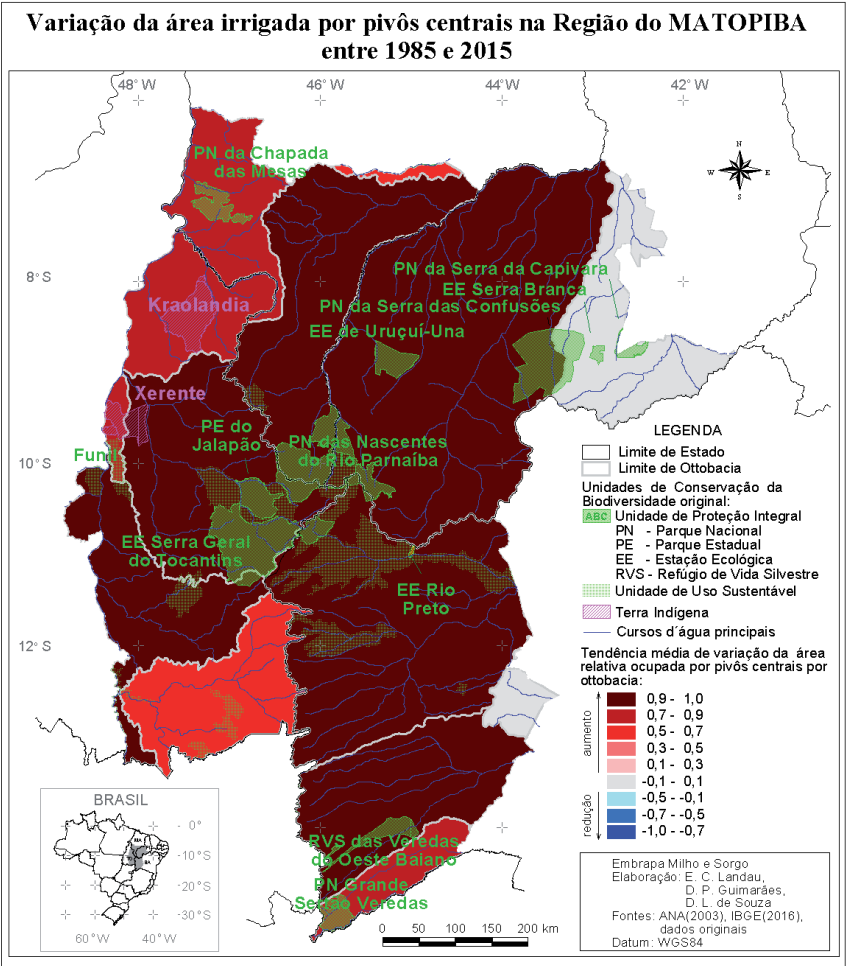


**Tabela 16.** Frequência, densidade e área relativa ocupada com pivôs centrais por sub-bacia/ ottobacia hidrográfica na Região do Matopiba em 2015.

Região Hidrográfica do Brasil	Bacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Sub-bacia/Ottobacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Número de pivôs centrais	Densidade de pivôs centrais (100 km²)	Área relativa ocupada por pivôs centrais (°/ooooo)
RH Atlântico Nordeste Ocidental	Itapecuru	Itapecuru 01	1	0,0554	241,16
RH do Parnaíba	Alto Parnaíba	Parnaíba 01	53	0,1168	766,54
		Parnaíba 02	32	0,0316	197,11
	Médio Parnaíba	Parnaíba 04	0	0,0000	0,00
RH do São Francisco	Médio São Francisco	Carinhanha 02	64	0,7184	7.486,03
		Corrente 01	378	1,1343	11.750,70
		São Francisco 06	0	0,0000	0,00
		Grande São Francisco 01	934	1,3319	14.266,93
RH do Tocantins-Araguaia	Tocantins	Alto-Médio Tocantins	21	0,0712	495,54
		Médio Tocantins 01	10	0,0494	510,57
		Médio Tocantins 02	27	0,1239	1.841,45
		Paraná-Tocantins	0	0,0000	0,00
		Sono	28	0,0616	497,41
Total			1.548		



**Figura 11.** Tendência média de variação da densidade de pivôs centrais por sub-bacia/ottobacia na Região do Matopiba entre 1985 e 2015.



**Figura 12.** Tendência média de variação da área ocupada por pivôs centrais por sub-bacia/ottobacia na Região do Matopiba entre 1985 e 2015.

**Tabela 17.** Aumento médio da densidade de pivôs centrais por sub-bacia/ottobacia hidrográfica na Região do Matopiba entre 1985 e 2015.

Região Hidrográfica do Brasil	Bacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Sub-bacia/Ottobacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Tendência média de variação da densidade de pivôs centrais (Coeficiente de Correlação de Pearson)	Ajuste de variação da densidade de pivôs centrais a uma tendência de aumento linear (Regressão linear = $r^2$ )
RH Atlântico Nordeste Ocidental	Itapecuru	Itapecuru 01	0,6124	0,3750
RH do Parnaíba	Alto Parnaíba	Parnaíba 01	<b>0,9876</b>	<b>0,9753</b>
		Parnaíba 02	<b>0,9567</b>	<b>0,9152</b>
	Médio Parnaíba	Parnaíba 04	0,0000	0,0000
RH do São Francisco	Médio São Francisco	Carinhanha 02	0,8590	0,7379
		Corrente 01	<b>0,9539</b>	<b>0,9099</b>
		São Francisco 06	0,0000	0,0000
		Grande São Francisco 01	<b>0,9892</b>	<b>0,9785</b>
		Alto-Médio Tocantins	0,9429	0,8890
RH do Tocantins-Araguaia	Tocantins	Médio Tocantins 01	0,7436	0,5529
		Médio Tocantins 02	0,8730	0,7621
		Paraná-Tocantins	0,0000	0,0000
		Sono	<b>0,9511</b>	<b>0,9047</b>

**Tabela 18.** Aumento médio da área relativa ocupada por pivôs centrais por sub-bacia/ottobacia hidrográfica na Região do Matopiba entre 1985 e 2015.

Região Hidrográfica do Brasil	Bacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Sub-bacia/Ottobacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Tendência média de variação da área relativa ocupada por pivôs centrais (Coeficiente de Correlação de Pearson)	Ajuste de variação da área relativa ocupada por pivôs centrais a uma tendência de aumento linear (Regressão linear = $r^2$ )
RH Atlântico Nordeste Ocidental	Itapecuru	Itapecuru 01	0,6124	0,3750
RH do Parnaíba	Alto Parnaíba	Parnaíba 01	<b>0,9848</b>	<b>0,9697</b>
		Parnaíba 02	0,9062	0,8212
		Médio Parnaíba	0,0000	0,0000
RH do São Francisco	Médio São Francisco	Carinhanha 02	0,8165	0,6667
		Corrente 01	0,9396	0,8828
		São Francisco 06	0,0000	0,0000
		Grande São Francisco 01	<b>0,9900</b>	<b>0,9801</b>
RH do Tocantins-Araguaia	Tocantins	Alto-Médio Tocantins	<b>0,9716</b>	<b>0,9440</b>
		Médio Tocantins 01	0,7476	0,5589
		Médio Tocantins 02	0,8982	0,8068
		Paraná-Tocantins	0,6124	0,3750
		Sono	0,9477	0,8982

De forma geral, entre 1985 e 2015 foi verificado um aumento significativo do número de municípios e ottobacias com equipamentos de pivôs centrais, bem como da densidade e área relativa ocupada com pivôs centrais, o que frequentemente está relacionado com o aumento de investimentos econômicos para a produção agrícola irrigada, já que a adoção de sistemas de irrigação propicia um aumento de produtividade para diversas culturas agrícolas. Apesar disso, por demandar o uso de grande volume d'água e energia, a agricultura irrigada é apontada como a principal responsável pela captação da água disponível nos mananciais, representando mais do que 70% da água consumida pela humanidade (SETTI et al., 2001). Assim,

mesmo com o avanço da tecnologia agrícola, o cenário para as próximas décadas representa um enorme desafio, como demonstrado em Estocolmo pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). De acordo com projeções recentes, até 2050 a população mundial deverá alcançar 9 bilhões de habitantes e, com isso, a demanda por alimentos subiria 70%. No modelo atual de produção, onde as áreas irrigadas têm grande importância, o consumo de água cresceria 55% para suprir a demanda de alimentos e, se isso ocorresse, a demanda global por água poderia ser maior do que a oferta em apenas 20 anos. Conforme Müller (OECD, 2013), diretor do programa de Recursos Naturais da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura), dois fatores ainda tornarão a relação água-agricultura mais complicada no futuro próximo: o crescimento do consumo de proteína animal nos países em desenvolvimento e a competição pelo uso da água entre a agricultura e a energia. O uso de irrigação na agricultura demanda cuidados e técnicas especiais para o aproveitamento racional da água, evitando o desperdício e a contaminação do entorno (SETTI et al., 2001; ALBUQUERQUE et al., 2010). Se utilizada de forma incorreta, além de problemas quantitativos, a irrigação pode afetar drasticamente a qualidade dos solos, assim como a dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, em função do uso de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos (SETTI et al., 2001).

Em termos ambientais, as principais causas para o comprometimento da oferta e da qualidade da água, gerando os conflitos pelo uso da água, decorrem do assoreamento e da poluição de cursos e corpos d'água (rios, açudes, lagoas), causados pela erosão, mineração e uso de agrotóxicos. O assoreamento diminui a vazão dos rios, reduzindo, portanto, a

disponibilidade hídrica, sendo em grande parte decorrente do uso de práticas agrícolas inadequadas nas lavouras, tais como o desmatamento das margens dos rios e o uso indiscriminado de queimadas que prejudicam a fertilização dos solos e favorecem a erosão. Com os solos desprotegidos, a água que deveria percolar para o lençol freático torna-se veículo de sedimentos para o leito dos rios e riachos, diminuindo a vazão e carreando sedimentos e resíduos para os reservatórios (LIMA et al., 2008).

Outra questão importante a priorizar é o aumento da eficiência do uso da água (COELHO, 2005; ALBUQUERQUE et al., 2010). Segundo Coelho (2005), a agricultura irrigada no Brasil tem uma eficiência de apenas 60%, o que implica riscos de danos ambientais pela dispersão de fertilizantes e defensivos agrícolas, além do risco de salinização das terras. Nunes et al. (2006) mostram os impactos da agricultura irrigada na salinização e sodificação dos solos do perímetro irrigado de Janaúba, Minas Gerais. Bernardo (1992) apresentou uma análise detalhada dos principais impactos ocasionados pela agricultura irrigada no Brasil. A tendência de escassez dos recursos hídricos, em contraponto à sua crescente demanda, tem causado sérios conflitos pelo uso da água. Lima et al. (1999) citam uma demanda por outorga da ordem de 770 m<sup>3</sup>/s na bacia do Rio São Francisco, o que corresponde a 27% da vazão média verificada na sua foz e cerca da metade da vazão mínima com duração de 7 dias e período de retorno de 10 anos (PRUSKI et al., 2005). Ressalta-se, ainda, a importância do uso da água para suprir outras atividades humanas, tais como a geração de energia, uso industrial e saneamento básico, além da necessidade de preservação dos ecossistemas aquáticos.

O aumento da demanda pelo uso da água tem causado sérios conflitos entre os seus usuários em diversas regiões da Terra, fazendo até com que a água se torne fator limitante para o desenvolvimento sustentável (PRUSKI et al., 2007). Assim, a gestão dos recursos naturais é de fundamental importância para procurar evitar conflitos futuros pelo uso da água, podendo ser definidos tanto critérios para outorga de uso da água para irrigação quanto procedimentos locais para coletar e armazenar a água de escoamento, plantio de espécies nativas em nascentes, reposição de mata ciliar, cuidados com a área de recarga dos mananciais e outras ações que impeçam o assoreamento (PINHEIRO et al., 2009) e propiciem o aumento do volume d'água de qualidade disponível para as diversas demandas regionais. Silva e Pruski (1997) e Pinheiro et al. (2009) propõem a definição por microbacia sobre a destinação de áreas para plantio ou outros usos, a escolha de lavouras e os tipos de produção animal, e o destino dos seus produtos, coordenados através de consórcios ou associações que, amparados pela legislação vigente e outros aspectos, concebam e promovam as intervenções necessárias por microbacia, tanto em termos institucionais e organizacionais, quanto em aspectos tecnológicos.

No caso da Região do Matopiba, estima-se que ocorra um aumento ainda maior da área irrigada, considerando a crescente produção agrícola na Região, impulsionada pelos altos valores das *commodities* agrícolas no mercado internacional e aumento da demanda pelo mercado interno. Apesar do benefício potencial da irrigação para a produção agrícola, estratégias para promover o aumento da produção agrícola baseadas no aumento de áreas irrigadas ou do uso de água devem considerar restrições relacionadas com a disponibilidade,



qualidade e conflitos de uso da água das bacias hidrográficas em que estão inseridas. Ações estimulando a melhoria da qualidade da água, conservação de nascentes e áreas de preservação permanente, bem como o uso eficiente do recurso, contribuirão para a melhoria da qualidade e quantidade de água disponível, podendo permitir a futura expansão da área irrigada no país ou não. A dificuldade para a adoção dessas estratégias reside no fato de serem ações sem retorno imediato, contrariando a cultura imediatista predominante (PINHEIRO et al., 2009). O monitoramento das áreas consumidoras de água também é fundamental para o estabelecimento de políticas de gestão dos recursos dentro dos princípios de sustentabilidade ambiental. A definição de estratégias de conservação e uso da água deverá considerar a quantidade, qualidade, conservação e os múltiplos usos pretendidos da água disponível por bacia hidrográfica, visando minimizar a ocorrência de conflitos futuros pelo uso da água.

## Conclusões

A área irrigada por pivôs centrais aumentou em mais do que 100 vezes na Região de Matopiba entre 1985 e 2015, em que a maior expansão concentrou-se nas Microrregiões de Barreiras e Santa Maria da Vitória, no oeste do Estado da Bahia (na Bacia do Médio Rio São Francisco), principalmente nos municípios de Barreiras/BA, Luís Eduardo Magalhães/BA, São Félix do Coribe/BA e São Desidério/BA. Este aumento provavelmente reflete a expansão da produção agrícola no período, permitindo o desenvolvimento de culturas agrícolas em épocas de estiagem. A crescente pressão para aumento da produção agrícola no país, impulsionada pelos altos valores das *commodities* no mercado internacional e pelo aumento da demanda de

alimentos no mercado interno, tem estimulado a expansão da agricultura irrigada na Região do Matopiba, considerada de grande interesse para expansão da fronteira agrícola do país.

Apesar do benefício potencial da irrigação para a produção agrícola, estratégias para promover o aumento da produção agrícola baseadas no aumento de áreas irrigadas devem considerar restrições relacionadas com a disponibilidade, qualidade e conflitos de uso da água das bacias hidrográficas em que estão inseridas, considerando o manejo integrado das bacias hidrográficas de interesse. Ações estimulando a melhoria da qualidade da água, conservação de nascentes e Áreas de Preservação Permanente, bem como o uso eficiente do recurso, contribuirão para a melhoria da qualidade e quantidade de água disponível, podendo permitir ou não a futura expansão da área irrigada na Região, evitando conflitos futuros pelo uso da água.

## **Agradecimentos**

Agradecemos à Agência Nacional de Águas (ANA) e à Embrapa Milho e Sorgo, pelo apoio dado para a realização deste trabalho.

## **Referências**

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **HidroWEB**: Sistema de informações hidrológicas: arquivos digitais: bacias hidrográficas brasileiras. Brasília, 2003. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Tocltem=4100>>. Acesso em: 30 mar. 2013.

ALBUQUERQUE, P. E. P. de; COUTINHO, A. C.; ANDRADE, C. de L. T. de; GUIMARÃES, D. P.; DUARTE, J. de O. **Manejo da irrigação em pivôs centrais do Cerrado de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 33 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 112). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31674/1/doc-112.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2013.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 1, n. 1, p. 1-7, 1992. Disponível em: <[http://www.agr.feis.unesp.br/imagens/winotec\\_2008/winotec2008\\_palestras/Impacto\\_ambiental\\_da\\_irrigacao\\_no\\_Brasil\\_Salassier\\_Bernardo\\_winotec2008.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/imagens/winotec_2008/winotec2008_palestras/Impacto_ambiental_da_irrigacao_no_Brasil_Salassier_Bernardo_winotec2008.pdf)>. Acesso em: 01 abr. 2013.

BRAGA, A. L.; OLIVEIRA, J. C. Identificação e quantificação de áreas irrigadas por pivô central utilizando imagens. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 849-856. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.16.25/doc/849.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2013.

CHRISTOFIDIS, D. **Água na produção de alimentos: o papel da irrigação no alcance do desenvolvimento sustentável**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2005. 29 p.

CHRISTOFIDIS, D. Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos em conflitos e uso sustentável dos recursos naturais. In: THEODORO, S. H. (Org.). **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Brasília: Garamond, 2002.

COELHO, E. F. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 1, p. 57-60, set. 2005. Disponível em: <[http://ufrb.edu.br/neas/images/Artigos\\_NEAS/2005\\_3.pdf](http://ufrb.edu.br/neas/images/Artigos_NEAS/2005_3.pdf)>. Acesso em: 01 abr. 2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento; INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Boletim de monitoramento agrícola**: culturas de verão: safra 2013/2014: região do MATOPIBA. Sul do Estado de Maranhão, Leste do Estado do Tocantins, Sudoeste do Estado do Piauí e Extremo Oeste do Estado da Bahia. Brasília, DF, 2014. v. 3, n. 1, 24 p. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_01\\_09\\_10\\_40\\_53\\_boletim\\_a14\\_v03\\_n01\\_p1.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_01_09_10_40_53_boletim_a14_v03_n01_p1.pdf)>. Acesso: 29 mar. 2016.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Matopiba se destaca por sua vocação agrícola**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2015/10/matopiba-se-destaca-por-sua-vocacao-agricola>>. Acesso em: 29 mar. 2016.

GALVÃO, W. S.; MENESES, P. R. Avaliação dos sistemas de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras para fins de planejamento de redes hidrométricas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos, 2005. p. 2511-2518. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.01.26/doc/2511.pdf>>. Acesso em: 06 abr. 2016.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil em 2013**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 40 p. il. (Embrapa Milho e Sorgo.

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 106). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/118126/1/bol-106.pdf>>. Acesso em: 06 abr. 2016.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2007.

Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/ca/default.asp?o=2&i=P>>. Acesso em: 15 jun. 2011.

IBGE. **Bases e referenciais**: bases cartográficas: malhas digitais municipais, 2013. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_municipais/municipio\\_2013/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2013/)>. Acesso em: 06 abr. 2016.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P.; SOUZA, D. L. de

**Caracterização ambiental das áreas com agricultura irrigada por pivôs centrais na região do Matopiba - Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 43 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 99). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/113883/1/bol-99.pdf>>. Acesso em: 06 abr. 2016.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P.; SOUZA, D. L. de **Variação da área irrigada por pivôs centrais no Brasil entre 2013 e 2014**.

Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 29 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 126). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/140600/1/bol-126.pdf>>. Acesso em: 06 abr. 2016.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. In: FREITAS, M. A. V. de (Org.). **O estado das águas no Brasil**: perspectivas de gestão e informação de

recursos hídricos. Brasília: MME: MMA-SRH: OMM: PNUD, 1999. p. 73-101.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil**. 2008. Disponível em: <[http://ag20.cnpia.embrapa.br/Repositorio/irrigacao\\_000fl7vsa7f02wyiv80ispcrr5frxoq4.pdf](http://ag20.cnpia.embrapa.br/Repositorio/irrigacao_000fl7vsa7f02wyiv80ispcrr5frxoq4.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2014.

NUNES, W. A. G. de A.; KER, J. C.; RUIZ, H. A.; NEVES, J. C. L.; BEIRIGO, R. M.; BONCOMPANI, A. L. P. Características físicas de solos da região de Janaúba-MG, irrigados com água de poços tubulares ou do rio Gorutuba. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 107-118, jan./mar. 2006.

OECO. **ONU aponta desafio no uso da água na agricultura**. Disponível em: <<http://www.oeco.com.br/reportagens/25262-onu-aponta-desafio-no-uso-da-agua-na-agricultura>>. Acesso em: 26 mar. 2013.

PINHEIRO, J. C. V.; CARVALHO, R. M.; FREITAS, K. S. de. Análise do suprimento atual e potencial de água potável para os municípios cearenses. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 2, p. 107-121, ago. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v21n2/a08v21n2.pdf>>. Acesso em: 27mar. 2013.

PIVOT. **Irrigação notícias**. Disponível em: <<http://www.pivot.com.br/irrigacao/pivo/?ir=3&id=2026>>. Acesso em: 06 mar. 2013.

PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Comportamento hidrológico na Foz do Rio São Francisco durante período de 1950 a 1999. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 13, n. 2, p. 118-123, 2005.

Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/reveng/arquivos/Vol13/v13n2p118-123.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2013.

PRUSKI, F. F.; RODRIGUEZ, R. del G.; NOVAES, L. F. de; SILVA, D. D. da; RAMOS, M. M.; TEIXEIRA, A. de F. Impacto das vazões demandadas pela irrigação e pelos abastecimentos animal e humano, na bacia do Paracatu. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 199-210, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n2/v11n2a11.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2013.

SANDRI, D.; CORTEZ, D. de A. Parâmetros de desempenho de dezesseis equipamentos de irrigação por pivô central. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 271-278, 2009.

SCHMIDT, W.; COELHO, R. D.; JACOMAZZI, M. A.; ANTUNES, M. A. H. Distribuição espacial de pivôs centrais no Brasil: I – Região Sudeste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 8, n. 2/3, p. 330-333, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v8n2-3/v8n2a26.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2013.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica: Agência Nacional de Águas, 2001. Disponível em: <[http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/livro\\_Introd-Gerenc-Rec-Hidr.pdf](http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/livro_Introd-Gerenc-Rec-Hidr.pdf)>. Acesso em: 01 abr. 2013.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Brasília: MMA: SRH: ABEAS-UFV, 1997. 252 p.

SILVEIRA, J. M. de C. A importância da agricultura irrigada na sub-bacia Tambaú/Verde, Região Nordeste Paulista.

**Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 2, 2011. Disponível em: <[http://www.aptaregional.sp.gov.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=1108&Itemid=284](http://www.aptaregional.sp.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=1108&Itemid=284)>. Acesso em: 22 jun. 2014.



